

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

Shigeki NAGASAKI et al.
F-7881
Jordan and Hamburg
212-986-2310

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 9月10日

出願番号

Application Number:

特願2002-264367

[ST.10/C]:

[JP2002-264367]

出願人

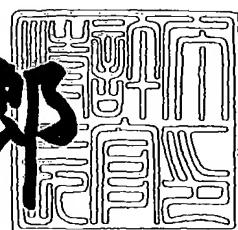
Applicant(s):

光洋精工株式会社

2003年 6月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3043223

【書類名】 特許願

【整理番号】 104867

【提出日】 平成14年 9月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 3/10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号光洋精工株式会社内

【氏名】 長瀬 茂樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号光洋精工株式会社内

【氏名】 酒巻 正彦

【特許出願人】

【識別番号】 000001247

【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

【代表者】 ▲吉▼田 紘司

【代理人】

【識別番号】 100095429

【弁理士】

【氏名又は名称】 根本 進

【電話番号】 06(6949)0035

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004916

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

特2002-264367

【包括委任状番号】 9810773

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 異常監視機能付トルクセンサ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1シャフトと、

その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、

その第1シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第1検出器と、

その第1検出器の出力信号を処理することで第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する手段と、

その第2シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第2検出器と、

その第2検出器の出力信号を処理することで第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する手段と、

その第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部と、

その第1検出器の出力信号と第2検出器の出力信号と位相差対応信号が入力される演算装置とを備え、

その演算装置により、両検出器の出力信号から両シャフト間の回転角差に対応する参考用トルク値が求められると共に、その参考用トルク値と位相差対応信号に対応する検出トルク値との偏差が求められ、

その偏差の大きさが設定値以上である時、その演算装置により異常信号が出力される異常監視機能付トルクセンサ。

【請求項2】 第1シャフトと、

その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、

その第1シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第1検出器と、

その第1検出器の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する手段と

その第2シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第2検出器と、

その第2検出器の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する手段と、

その第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を、その第1交番信号と第2交番信号をデジタル化することなく信号処理することで出力する手段と、

両検出器の出力信号をA/D変換することで得られる値から両シャフト間の回転角差に対応する参照用トルク値を求める手段と、

その参照用トルク値と位相差対応信号に対応する検出トルク値との偏差を求める手段と、

その偏差の大きさが設定値以上である時、異常信号を出力する手段とを備える異常監視機能付トルクセンサ。

【請求項3】 その第1検出器は、KEを係数、 ω を励磁信号の角周波数、tを時間、 θ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表される第1正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される第1余弦振幅信号を出力し、

その第1正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第1位相シフト信号とする第1位相シフト回路と、その第1位相シフト信号と第1余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される第1交番信号とする第1加算回路を有し、

その第2検出器は、KEを係数、 ω を励磁信号の角周波数、tを時間、 $\theta + \Delta \theta$ を第2シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2余弦振幅信号を出力し、

その第2正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2位相シフト信号とする第2位相シフト回路と、その第2位相シフト信号と第2余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin$

$(\omega t + \theta + \Delta \theta)$ で表される第2交番信号とする第2加算回路を有する請求項1または2に記載の異常監視機能付トルクセンサ。

【請求項4】前記第1、第2シャフトによる伝達トルクが零の時に前記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、前記第1検出器と第2検出器は相対配置され、

前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有する請求項3に記載の異常監視機能付トルクセンサ。

【請求項5】前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出回路と、その第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一方が立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有する請求項3に記載の異常監視機能付トルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出するのに用いられる異常監視機能付トルクセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】

第1シャフトと、その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、その第1シャフトの回転角を検出する第1レゾルバと、その第2シャフトの回転角を検出する第2レゾルバとを備えるトルクセンサが知られている（特許文献1、特許文献2参照）。その第1レゾルバによる第1シャフトの検出回転角と第2レゾルバによる第2シャフトの検出回転角との差から両シャフトによる伝

達トルクが求められる。

【0003】

【特許文献1】

特開2001-194251号公報

【特許文献2】

特開2001-272204号公報

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

レゾルバにより検出するシャフト回転角を θ とした場合、レゾルバの回転子捲線に正弦波信号を入力すると、2相の固定子捲線から $\sin \theta$ に比例する交番信号と $\cos \theta$ に比例する交番信号とが output される。その出力信号をA/D変換することで得られる値を用いて、 $\tan^{-1}(\sin \theta / \cos \theta)$ の演算をコンピュータにより行うことで回転角 θ を求めることができる。

【0005】

しかし、コンピュータにより各レゾルバから出力される交番信号をA/D変換して取り込む際のA/D変換の分解能には限界があるため、トルクセンサの分解能が制限され、また、サンプリング周期が短くなる程に信号処理のための負荷が大きくなる。さらに、 $\sin \theta$ や $\cos \theta$ に比例する交番信号は回転角 θ に対して非線形に変化するため、トルク検出精度の向上が阻害される。

【0006】

また、トルクセンサの異常監視によりフェールセーフ機能を奏することができるよう、トルクセンサにおけるトルク検出回路を2つの同一の専用回路により構成し、両回路の出力値の偏差を求め、その偏差が設定値以上であれば異常信号を出力することが考えられる。しかし、2つの同一の専用回路を用いる場合はトルクセンサが大型化し、また、コストが高くなる。

本発明は上記課題を解決することのできる異常監視機能付トルクセンサを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明の異常監視機能付トルクセンサにおける一つの特徴は、第1シャフトと、その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、その第1シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第1検出器と、その第1検出器の出力信号を処理することで第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する手段と、その第2シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第2検出器と、その第2検出器の出力信号を処理することで第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する手段と、その第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部と、その第1検出器の出力信号と第2検出器の出力信号と位相差対応信号が入力される演算装置とを備え、その演算装置により、両検出器の出力信号から両シャフト間の回転角差に対応する参照用トルク値が求められると共に、その参照用トルク値と位相差対応信号に対応する検出トルク値との偏差が求められ、その偏差の大きさが設定値以上である時、その演算装置により異常信号が出力されることを特徴とする。

【0008】

本発明の異常監視機能付トルクセンサにおける別の一つの特徴は、第1シャフトと、その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、その第1シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第1検出器と、その第1検出器の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する手段と、その第2シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号を出力する第2検出器と、その第2検出器の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する手段と、その第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を、その第1交番信号と第2交番信号をデジタル化することなく信号処理することで出力する手段と、両検出器の出力信号をA/D変換することで得られる値から両シャフト間の回転角差に対応する参照用トルク値を求める手段と、その参照用トルク値と位相差対応信号に

対応する検出トルク値との偏差を求める手段と、その偏差の大きさが設定値以上である時、異常信号を出力する手段とを備える点にある。

【0009】

本発明によれば、第1交番信号の位相変化は第1シャフトの回転角変化に対応し、第2交番信号の位相変化は第2シャフトの回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は第1シャフトと第2シャフトの回転角差に対応する。その回転角差の変化に応じて位相差対応信号の波形は変化するので、その位相差対応信号の出力に対応する検出トルク値は両シャフトによる伝達トルクに対応する。すなわち、第1シャフトの回転角と第2シャフトの回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直接的に求めることができる。よって、正弦値や余弦値に比例する交番信号の出力をデジタル化して取り込むことなく伝達トルクに対応する検出トルク値を求めることができるので、信号処理のための演算負荷を低減し、非線形な要素をなくすことができる。

【0010】

両シャフト間の回転角差に対応する参考用トルク値は両シャフトによる伝達トルクに対応するので、参考用トルク値と検出トルク値との偏差の大きさが設定値未満であればトルクセンサに異常はなく、設定値以上であればトルクセンサに異常があると判断することができる。

【0011】

そのトルクセンサの異常監視のために求められる参考用トルク値を演算装置により演算することで、検出トルク値に対応する位相差対応信号を出力する出力信号処理部を複数備える必要はなく、トルクセンサの異常監視のための専用回路が不要になり、トルクセンサの小型化を図ることができる。

【0012】

第1検出器のアナログ出力信号と第2検出器のアナログ出力信号をデジタル化することなく信号処理することで位相差対応信号を出力するので、各検出器の出力信号をA／D変換して取り込んだ値から両シャフトによる伝達トルクに対応する値を求める場合に比べて、演算負荷を大きくすることなくトルクセンサの分解能を高くすることができる。また、参考用トルク値は、両検出器の出力信号をA／

D変換することで得られる値から求められるが、トルクセンサの異常監視に供することができれば足りるので高精度に求める必要はない。すなわち、そのA/D変換された値を取り込む際のサンプリング周期を必要以上に短縮する必要はないので、演算負荷が大きくなることはない。

【0013】

その第1検出器は、KEを係数、 ω を励磁信号の角周波数、tを時間、 θ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表される第1正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される第1余弦振幅信号を出力し、その第1正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第1位相シフト信号とする第1位相シフト回路と、その第1位相シフト信号と第1余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される第1交番信号とする第1加算回路を有し、その第2検出器は、KEを係数、 ω を励磁信号の角周波数、tを時間、 $\theta + \Delta \theta$ を第2シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2余弦振幅信号を出力し、その第2正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2位相シフト信号とする第2位相シフト回路と、その第2位相シフト信号と第2余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta \theta)$ で表される第2交番信号とする第2加算回路を有するのが好ましい。

これにより、第1、第2検出器に正弦波信号を入力することで、第1、第2シャフトの回転角の変化に対応して位相が変化する第1、第2交番信号を、レゾルバ等の検出器、位相シフト回路、加算回路という汎用部品を用いて出力することができる。

【0014】

前記第1、第2シャフトによる伝達トルクが零の時に前記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、前記第1検出器と第2検出器は相対配置され、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号

変換回路と、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成する回路という汎用部品を用いて出力することができる。

【0015】

前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出回路と、その第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一方が立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成する例えばSRフリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。

【0016】

【発明の実施の形態】

図1に示す本実施形態の異常監視機能付トルクセンサ1は、電動パワーステアリング装置のステアリングシャフトにより伝達されるトルクを検出するために用いられ、そのステアリングシャフトを構成する筒状第1シャフト3と筒状第2シャフト4を有する。第1シャフト3に連結される図外ステアリングホイールの回転

が、第2シャフト4に連結される国外ステアリングギヤを介して車輪に伝達されることで、車両の舵角が変化する。

【0017】

第1シャフト3と第2シャフト4にトーションバー（弾性部材）5が挿入されている。トーションバー5の一端は第1シャフト3にピンやセレーション等により連結され、他端は第2シャフト4にピンやセレーション等により連結され、これにより第1シャフト3と第2シャフト4は互いにに対して同軸中心に弾性的に相対回転可能である。第1シャフト3はベアリング6を介してセンサハウジング7により支持され、第2シャフト4はセンサハウジング7に圧入された環状のレゾルバ押さえ9によりベアリング8を介して支持されている。そのセンサハウジング7により第1レゾルバ（第1検出器）21と第2レゾルバ（第2検出器）22が覆われている。

【0018】

第1レゾルバ21は、第1シャフト3の外周に同行回転するように嵌め合わされる第1レゾルバロータ21aと、第1レゾルバロータ21aを覆う環状の第1レゾルバステータ21bを有する。本実施形態では第1レゾルバロータ21aに第1シャフト3が圧入されることで、第1レゾルバロータ21aと第1シャフト3は同行回転する。第2レゾルバ22は、第2シャフト4の外周に同行回転するように嵌め合わされる第2レゾルバロータ22aと、第2レゾルバロータ22aを覆う環状の第2レゾルバステータ22bとを有する。本実施形態では第2レゾルバロータ22aに第2シャフト4が圧入されることで、第2レゾルバロータ22aと第2シャフト4は同行回転する。第1レゾルバステータ21bと第2レゾルバステータ22bとの間に筒状のスペーサ23が配置されている。

【0019】

第1レゾルバステータ21bと第2レゾルバステータ22bとスペーサ23は、センサハウジング7の内周に対して第1、第2シャフト3、4の径方向のクリアランスを介してシャフト軸方向から嵌め合わされる。両レゾルバステータ21b、22bとスペーサ23は、上記レゾルバ押さえ9とセンサハウジング7の内周に形成された段差7aとの間に挟み込まれることでセンサハウジング7に固定さ

れている。スペーサ23の内周から内方に延びる環状の磁気遮蔽部24が、磁気遮蔽材によりスペーサ23と一体的に成形されている。磁気遮蔽部24により第1レゾルバ21と第2レゾルバ22との間の磁気遮蔽がなされる。

【0020】

第1レゾルバ21は、第1シャフト3の回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ交番信号である第1正弦振幅信号と第1余弦振幅信号を出力する。すなわち、第1レゾルバロータ21aに設けられた捲線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第1レゾルバステータ21bに設けられた2相の捲線（図示省略）から第1正弦振幅信号と第1余弦振幅信号を出力する。その励磁信号をE sin(ωt)、θを第1シャフト3の回転角とすると、第1正弦振幅信号はKE sin(ωt) sin θで表され、回転角θの変化に対応して振幅KE sin θが変化する。また、第1余弦振幅信号はKE sin(ωt) cos θで表され、回転角θの変化に対応して振幅KE cos θが変化する。なお、Eは電圧振幅、Kは変圧率、ωは励磁角周波数、tは時間である。

【0021】

第2レゾルバ22は、第2シャフト4の回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ交番信号である第2正弦振幅信号と第2余弦振幅信号を出力する。すなわち、第2レゾルバロータ22aに設けられた捲線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第2レゾルバステータ22bに設けられた2相の捲線（図示省略）から第2正弦振幅信号と第2余弦振幅信号を出力する。その励磁信号をE sin(ωt)、θ+Δθを第2シャフト4の回転角とすると、第2正弦振幅信号はKE sin(ωt) sin(θ+Δθ)で表され、回転角θの変化に対応して振幅KE sin(θ+Δθ)が変化する。また、第2余弦振幅信号はKE sin(ωt) cos(θ+Δθ)で表され、回転角θの変化に対応して振幅KE cos(θ+Δθ)が変化する。

【0022】

両レゾルバ21、22の出力信号は、信号ケーブル25を介して、センサハウジング7の外部に設けられる図2に示す制御ユニット20に入力される。制御ユニット20は、演算装置20aとトルク検出用信号処理装置20bを有する。演算

装置20aは公知のマイクロコンピュータ20a' とA/D変換器41a、41b、41c、41d、41eを有する。トルク検出用信号処理装置20bは、図3に示すように第1信号処理部26と第2信号処理部27と出力信号処理部28を有する。その出力信号処理部28に演算装置20aが接続されている。

【0023】

その演算装置20aにより、両レゾルバ21、22の出力信号から両シャフト3、4間の回転角差に対応する参照用トルク値が求められる。すなわち、マイクロコンピュータ20a' に、第1レゾルバ21から入力インターフェース40a、A/D変換器41aを介して上記第1正弦振幅信号が送られると共に入力インターフェース40b、A/D変換器41bを介して上記第1余弦振幅信号が送られ、第2レゾルバ22から入力インターフェース40c、A/D変換器41cを介して上記第2正弦振幅信号が送られると共に入力インターフェース40d、A/D変換器41dを介して上記第2余弦振幅信号が送られる。演算装置20aは、第1正弦振幅信号をA/D変換することで得られる振幅値と第1余弦振幅信号をA/D変換することで得られる振幅値の商の逆正接から第1シャフト3の回転角を演算し、また、第2正弦振幅信号をA/D変換することで得られる振幅値と第2余弦振幅信号をA/D変換することで得られる振幅値の商の逆正接から第2シャフト4の回転角を演算する。例えば、 θ を第1シャフト3の回転角、 $\theta + \Delta\theta$ を第2シャフト4の回転角とすると、演算装置20aは $\tan^{-1}(\sin\theta / \cos\theta)$ により第1シャフト3の回転角を求め、 $\tan^{-1}(\sin(\theta + \Delta\theta) / \cos(\theta + \Delta\theta))$ により第2シャフト4の回転角を求める。この際、その $\sin\theta$ 、 $\cos\theta$ 、 $\sin(\theta + \Delta\theta)$ 、 $\cos(\theta + \Delta\theta)$ に対応する値を、両レゾルバ21、22の出力信号をA/D変換することで求める。演算装置20aは、両シャフト3、4間の回転角差と両シャフト3、4による伝達トルクとの間の予め定めて記憶した関係とから、その求めた回転角差に対応する参照用トルク値を求める。

【0024】

なお、各レゾルバ21、22の出力信号をA/D変換する際に、各レゾルバ21、22の励磁信号を基準信号として同期検波を行う信号処理回路を用いてもよい

。すなわち図4の変形例に示すように、各入力インターフェース40a、40b、40c、40dそれぞれとマイクロコンピュータ20a'との間に、上記A/D変換器41a、41b、41c、41dに代えて、同期検波回路50a、50b、50c、50dとDC増幅回路51a、51b、51c、51dとが介在され、発振回路52から励磁ドライバ53を介して各レゾルバ21、22に入力される励磁信号が、各同期検波回路50a、50b、50c、50dに入力される。各同期検波回路50a、50b、50c、50dにおいて、励磁信号を基準信号とした同期検波が行われることで、各レゾルバ21、22の出力信号における $\sin\theta$ 、 $\cos\theta$ 、 $\sin(\theta+\Delta\theta)$ 、 $\cos(\theta+\Delta\theta)$ に対応する値が求められる。

【0025】

参照用トルク値を、第1正弦振幅信号の振幅値と第2余弦振幅信号の振幅値との積から、第1余弦振幅信号の振幅値と第2正弦振幅信号の振幅値との積を差し引いた値から求めてよい。すなわち、 $\sin\theta \cdot \cos(\theta+\Delta\theta) - \cos\theta \cdot \sin(\theta+\Delta\theta) = \sin^2(\Delta\theta)$ であることから、その値の平方根の逆正弦により両シャフト3、4間の回転角差 $\Delta\theta$ に対応する参照用トルク値を求めることができる。

【0026】

図3に戻って、トルク検出用信号処理装置20bの第1信号処理部26は第1位相シフト回路26aと第1加算回路26bを有し、第1レゾルバ21の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第1シャフト3の回転角変化に応じて位相が変化する第1交番信号を出力する。すなわち第1位相シフト回路26aは、入力インターフェース40aを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで $K_E \sin(\omega t + \pi/2) \sin\theta$ で表される第1位相シフト信号とする。第1加算回路26bは、その第1位相シフト信号と、入力インターフェース40bを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1余弦振幅信号とを加算することで、 $K_E \sin(\omega t + \pi/2) \sin\theta + K_E \sin(\omega t) \cos\theta = K_E \cos(\omega t) \sin\theta + K_E \sin(\omega t) \cos\theta = K_E \sin(\omega t + \theta)$ で表される第1交番信

号とする。これにより第1交番信号出力手段が構成されている。

【0027】

第2信号処理部27は第2位相シフト回路27aと第2加算回路27bを有し、第2レゾルバ22の出力信号をデジタル化することなく信号処理することで、第2シャフト4の回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する。すなわち第2位相シフト回路27aは、入力インターフェース40cを介して第2レゾルバ22から送られる上記第2正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta\theta)$ で表される第2位相シフト信号とする。第2加算回路27bは、その第2位相シフト信号と、入力インターフェース40dを介して第2レゾルバ22から送られる上記第2余弦振幅信号とを加算することで、 $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta\theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta\theta) = KE \cos(\omega t) \sin(\theta + \Delta\theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta\theta) = KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される第2交番信号とする。これにより第2交番信号出力手段が構成されている。

【0028】

第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、第1レゾルバ21と第2レゾルバ22は相対配置されている。

【0029】

出力信号処理部28は、第1ロジック信号変換回路28aと、第2ロジック信号変換回路28bと、PWM処理回路28cを有する。

【0030】

第1ロジック信号変換回路28aは上記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する。第1ロジック信号は第1交番信号と周波数が等しいHとLの2値の方形波で表される。第2ロジック信号変換回路28bは上記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する。第2ロジック信号は第2交番信号と周波数が等しいHとLの2値の方形波で表される。第1交番信号と第2交番信号の位相差は第1ロジック信号と第2ロジック信号の位相差に等しくされる。

【0031】

PWM処理回路28cは、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和（EXOR）に対応するPWM信号を出力する。本実施形態では、そのPWM信号から求められるPWMデューティが第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する値として用いられる。すなわち、図5（1）は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM処理回路28cから出力されるPWM信号S3を示す。この場合、第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2$ となり、PWMデューティは50%になる。図5（2）は第1、第2シャフト3、4により一方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2 + \Delta\theta$ ($\Delta\theta > 0$) となり、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%よりも大きくなる。図5（3）は第1、第2シャフト3、4により他方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2 + \Delta\theta$ ($\Delta\theta < 0$) となり、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%よりも小さくなる。

【0032】

第1交番信号の位相変化は第1シャフト3の回転角変化に対応し、第2交番信号の位相変化は第2シャフト4の回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は、両シャフト3、4の回転角差に対応する伝達トルクに対応する。その第1交番信号と第2交番信号の位相差は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差に等しいことから、第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の排他的論理和に対応するPWM信号S3は、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅すなわち波形が変化する位相差対応信号になる。すなわち出力信号処理部28は、第1交番信号と第2交番信号をデジタル化することなく信号処理することで、位相差対応信号であるPWM信号S3を出力する。そのPWM信号S3は第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する信号として用いることができる。

【0033】

演算装置20aは、PWM信号S3から求められるPWMデューティと両シャフト3、4間の回転角差に対応する伝達トルクとの間の予め定めて記憶した関係から、そのPWMデューティに対応する検出トルク値を求め、その検出トルク値と上記参照用トルク値との偏差を求める。さらに演算装置20aは、その偏差の大きさが予め定めた設定値以上か否かを判断することでトルクセンサ1の異常監視を行う。すなわち演算装置20aは、その偏差の大きさが設定値以上である時は異常信号を出力し、その偏差の大きさが設定値未満である時は検出トルク値に応じた制御信号を出力する。その異常信号により、例えばランプ等の警告手段を作動させたり、操舵補助力発生用電動アクチュエータの制御を解除する。また、検出トルク値に応じた制御信号により電動パワーステアリング装置の操舵補助力を制御する。すなわち演算装置20aは、検出トルク値に応じた操舵補助力を予め定められて記憶したPWMデューティと操舵補助力との関係から演算し、その演算した操舵補助力を発生するように操舵補助力発生用電動アクチュエータ（図示省略）を制御信号により制御する。その操舵補助力発生用電動アクチュエータは公知のものを用いることができ、例えば電動モータにより発生する操舵補助力を減速ギヤ機構を介してステアリングシャフトに伝達するものを用いることができる。

【0034】

上記実施形態によれば、トルク検出用信号処理装置20bにより、第1シャフト3の回転角と第2シャフト4の回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直接的に求めることができる。よって、正弦値や余弦値に比例する交番信号の出力をデジタル化して取り込むことなく伝達トルクに対応する検出トルク値を求める能够なので、信号処理のための演算負荷を低減し、非線形な要素をなくすことができる。その第1、第2交番信号を、レゾルバ21、22、位相シフト回路26a、27a、加算回路26b、27bという汎用部品を用いて出力することができ、さらに、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路28a、28bと、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成するPWM処理回路28cという汎用部品を用いて

出力することができる。

また、両シャフト3、4間の回転角差に対応する参照用トルク値は両シャフト3、4による伝達トルクに対応するので、参照用トルク値と検出トルク値との偏差の大きさが設定値未満であればトルクセンサ1に異常はなく、設定値以上であればトルクセンサ1に異常があると判断することができる。

そのトルクセンサ1の異常監視のために求められる参照用トルク値を演算装置20aにより演算することで、検出トルク値に対応する位相差対応信号を出力する出力信号処理部28を複数備える必要はなく、トルクセンサの異常監視のための専用回路が不要になり、トルクセンサの小型化を図ることができる。

さらに、レゾルバ21、22のアナログ出力信号をデジタル化することなく信号処理することで位相差対応信号を出力するので、各レゾルバ21、22の出力信号をA/D変換して取り込んだ値から両シャフト3、4による伝達トルクに対応する値を求める場合に比べて、演算負荷を大きくすることなくトルクセンサ1の分解能を高くすることができる。また、参照用トルク値は、両レゾルバ21、22の出力信号をA/D変換することで得られる値から求められるが、トルクセンサ1の異常監視に供すれば足りるので高精度に求める必要はない。すなわち、そのA/D変換された値を取り込む際のサンプリング周期を必要以上に短縮する必要はないので、演算負荷が大きくなることはない。

【0035】

図6、図7の(1)、(2)、(3)は制御ユニット20の変形例を示す。上記実施形態との相違は、第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が零になるように第1レゾルバ21と第2レゾルバ22は相対配置されている。出力信号処理部28は、第1ロジック信号変換回路28aから出力される第1ロジック信号の立ち上がり時点検出回路28dと、第2ロジック信号変換回路28bから出力される第2ロジック信号の立ち下がり時点検出回路28eを有する。PWM処理回路28c'として、第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を出力する回路に代えて、SR(セットリセット)フリップフロップを有する。第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号はPWM処理回路28c'を構成する

フリップフロップのS端子に入力され、第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号はそのR端子に入力される。これにより、PWM処理回路28c'からPWM信号が出力される。そのPWM信号のPWMデューティが第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する。

【0036】

すなわち、図7(1)は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM処理回路28c'から出力されるPWM信号S3と立ち上がり時点検出信号S4と立ち下がり時点検出信号S5を示す。この場合は $\Delta\theta = 0$ で、第1ロジック信号と第2ロジック信号の位相差は零となり、第1ロジック信号の立ち上がり時点から第2ロジック信号の立ち下がり時点までの時間t1は、第2ロジック信号の立ち下がり時点から第1ロジック信号の立ち上がり時点までの時間t2に等しいので、PWMデューティは50%になる。図7(2)は第1、第2シャフト3、4により一方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号と第2ロジック信号の位相差は $\Delta\theta (> 0)$ となり、第1ロジック信号の立ち上がり時点から第2ロジック信号の立ち下がり時点までの時間t1は、第2ロジック信号の立ち下がり時点から第1ロジック信号の立ち上がり時点までの時間t2よりも長いので、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%から大きくなる。図7(3)は第1、第2シャフト3、4により他方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号と第2ロジック信号の位相差は $\Delta\theta (< 0)$ となり、第1ロジック信号の立ち上がり時点から第2ロジック信号の立ち下がり時点までの時間t1は、第2ロジック信号の立ち下がり時点から第1ロジック信号の立ち上がり時点までの時間t2よりも短いので、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%から小さくなる。これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路28a、28bと、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路28d、28eと、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立

ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成するSRフリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。他は上記実施形態と同様で同一部分は同一符号で示す。なお、PWM処理回路28c'を構成するSRフリップフロップのS端子に第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号が入力され、R端子に第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号が入力されてもよい。これによりPWM処理回路28c'は、第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一方が立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を上記位相差対応信号として出力する。他は上記実施形態と同様とされる。

【0037】

本発明は上記実施形態や変形例に限定されない。例えば、上記実施形態では出力信号処理部28から出力されるPWM信号のPWMデューティを伝達トルクに対応する値として用いているが、PWM信号の時間積分値を伝達トルクに対応する値として用いてもよい。また、検出トルク値に応じた信号は、操舵補助力を制御するためのものに限定されず、例えば検出トルク値に応じた操作反力をドライバーに付与するためのアクチュエータを制御するためのものであってもよい。また、本発明のトルクセンサを電動パワーステアリング装置以外において用いてもよい。

【0038】

【発明の効果】

本発明によれば、異常監視のための無駄な専用回路をなくすことで小型化でき、演算負荷を大きくすることなく分解能を向上できる高精度の異常監視機能付トルクセンサを低コストで提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の異常監視機能付トルクセンサの断面図

【図2】本発明の実施形態の異常監視機能付トルクセンサの構成説明図

【図3】本発明の実施形態の異常監視機能付トルクセンサにおける信号処理部の構成を示す図

【図4】本発明の変形例の異常監視機能付トルクセンサの部分構成説明図

【図5】本発明の実施形態の異常監視機能付トルクセンサにおける（1）は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（2）は一方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（3）は他方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図

【図6】本発明の変形例の異常監視機能付トルクセンサの部分構成説明図

【図7】本発明の変形例の異常監視機能付トルクセンサにおける（1）は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号と立ち上がり時点検出信号と立ち下がり時点検出信号を示す図、（2）は一方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（3）は他方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図

【符号の説明】

- 3 第1シャフト
- 4 第2シャフト
- 20 制御ユニット
 - 20 a 演算装置
 - 20 b トルク検出用信号処理装置
- 21 第1レゾルバ（第1検出器）
- 22 第2レゾルバ（第2検出器）
- 26 第1信号処理部
 - 26 a 第1位相シフト回路
 - 26 b 第1加算回路
- 27 第2信号処理部
 - 27 a 第2位相シフト回路
 - 27 b 第2加算回路
- 28 出力信号処理部
 - 28 a 第1ロジック信号変換回路
 - 28 b 第2ロジック信号変換回路

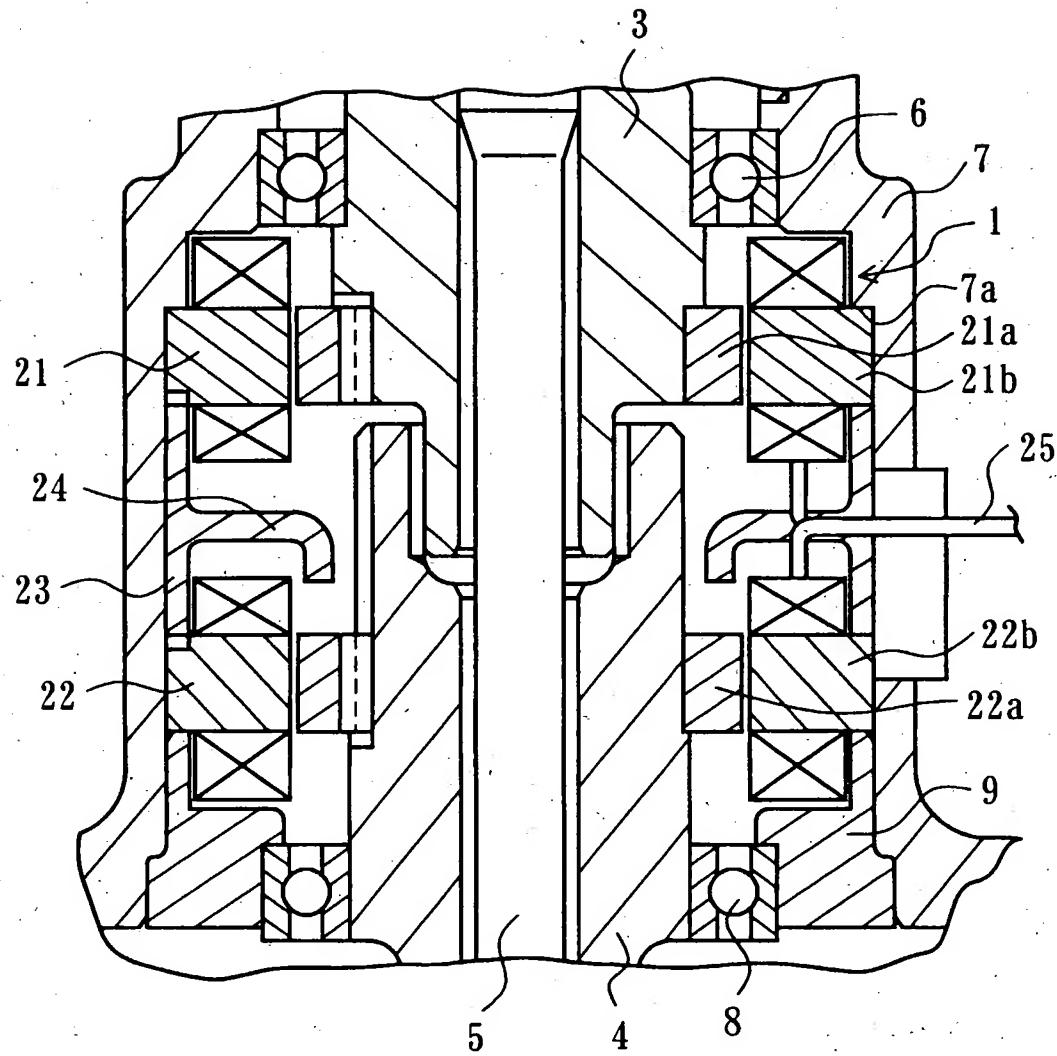
28c、28c' PWM処理回路

28d 立ち上がり時点検出回路

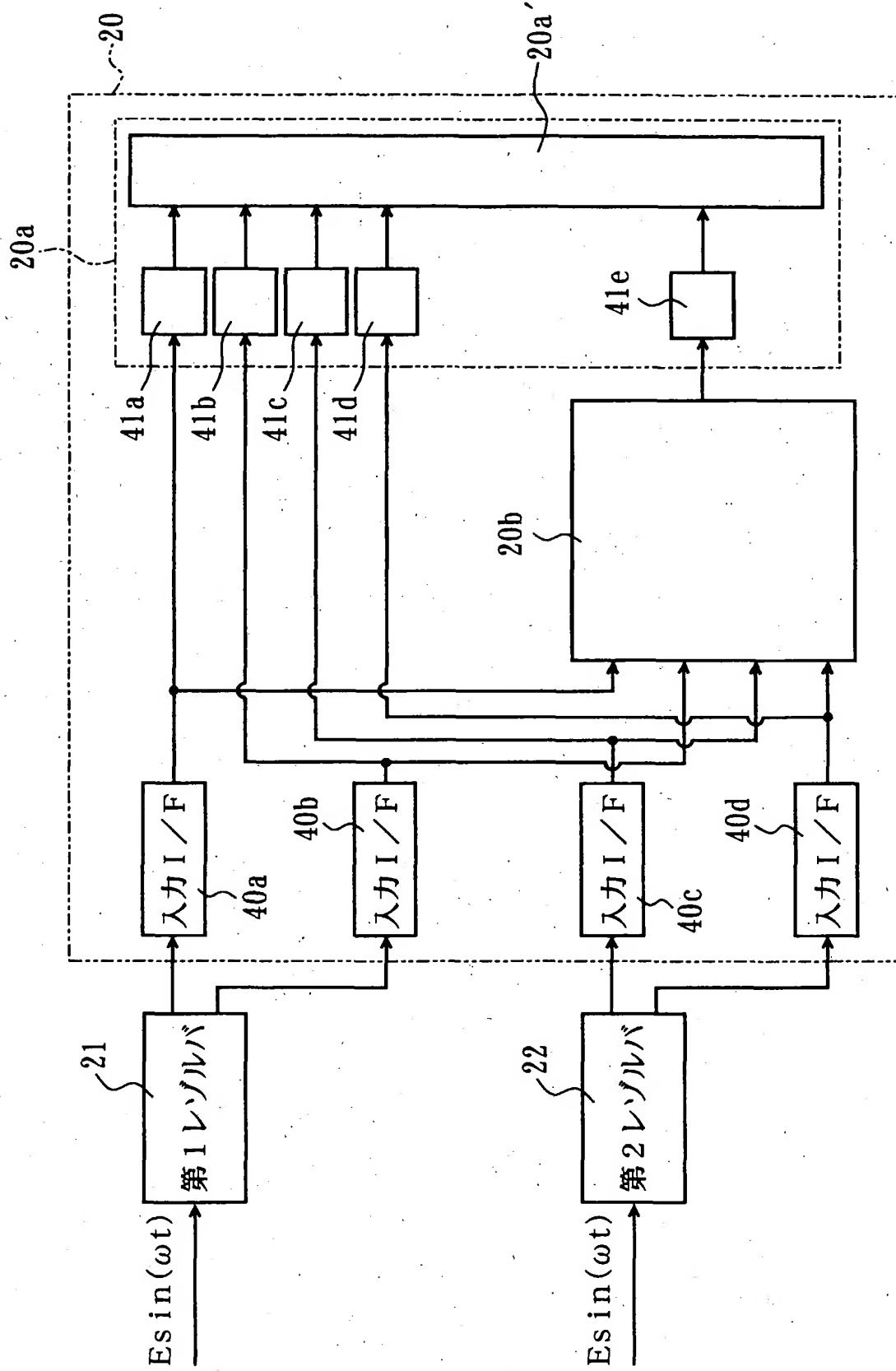
28e 立ち下がり時点検出回路

【書類名】 図面

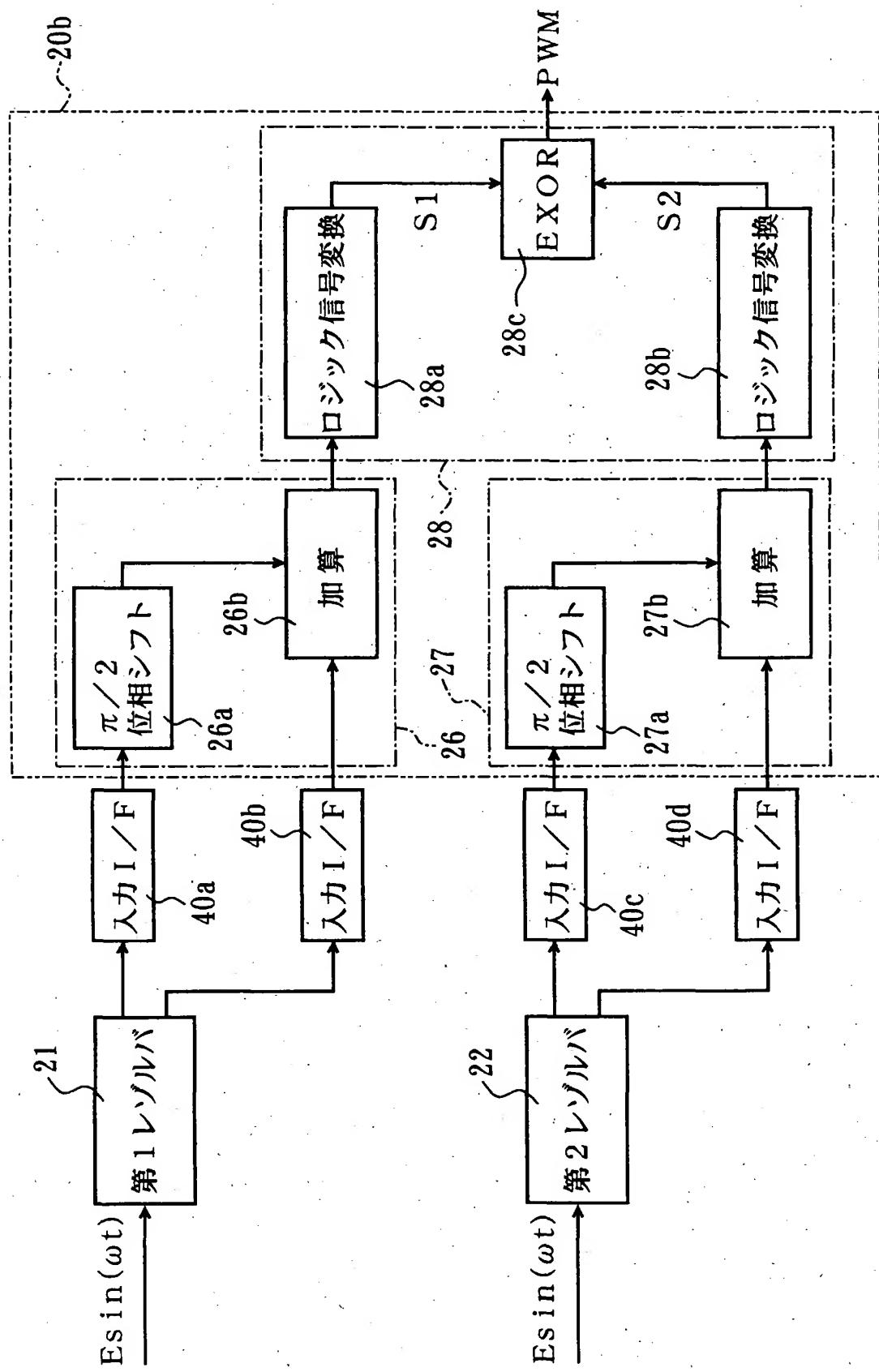
【図1】



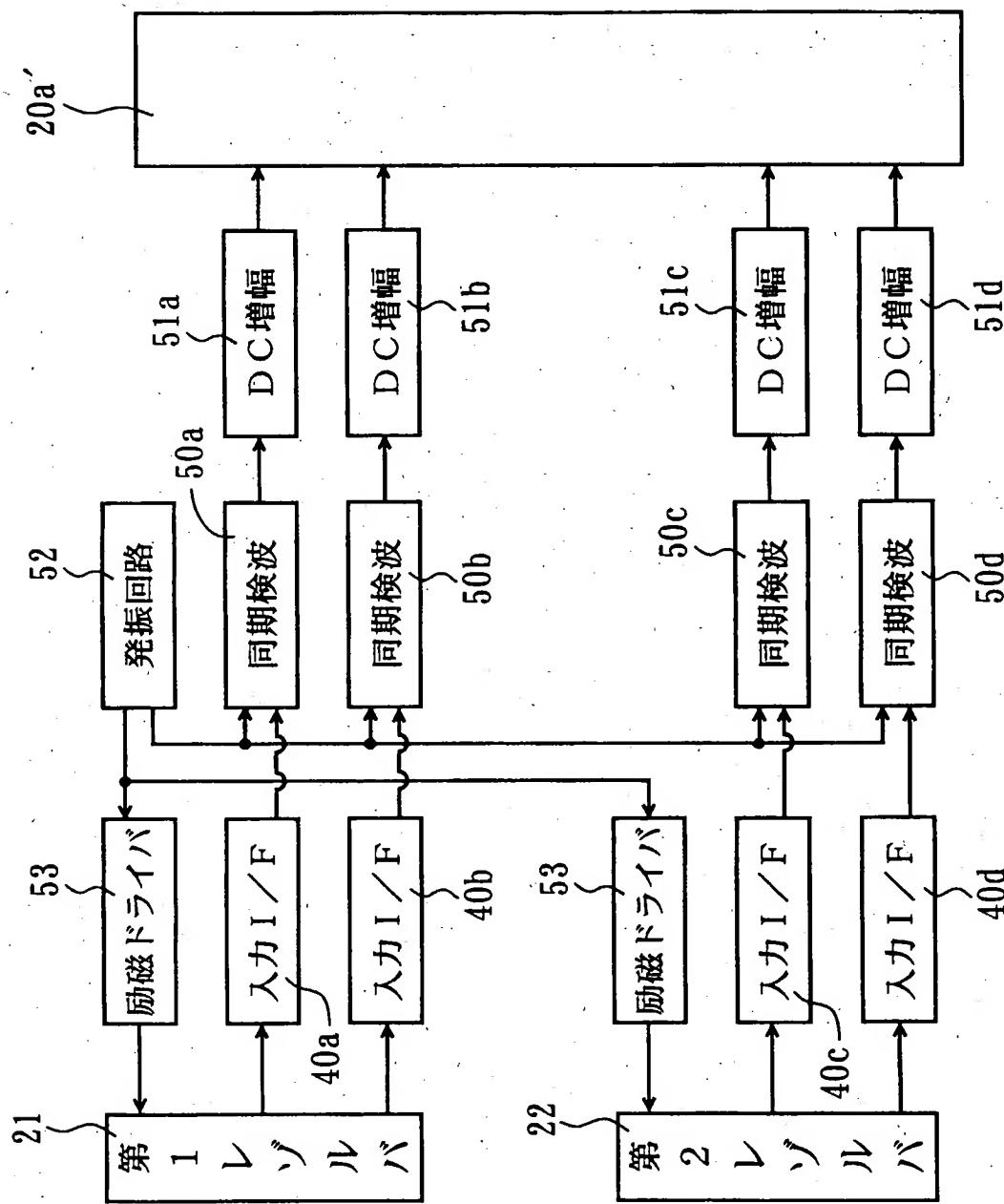
【図2】



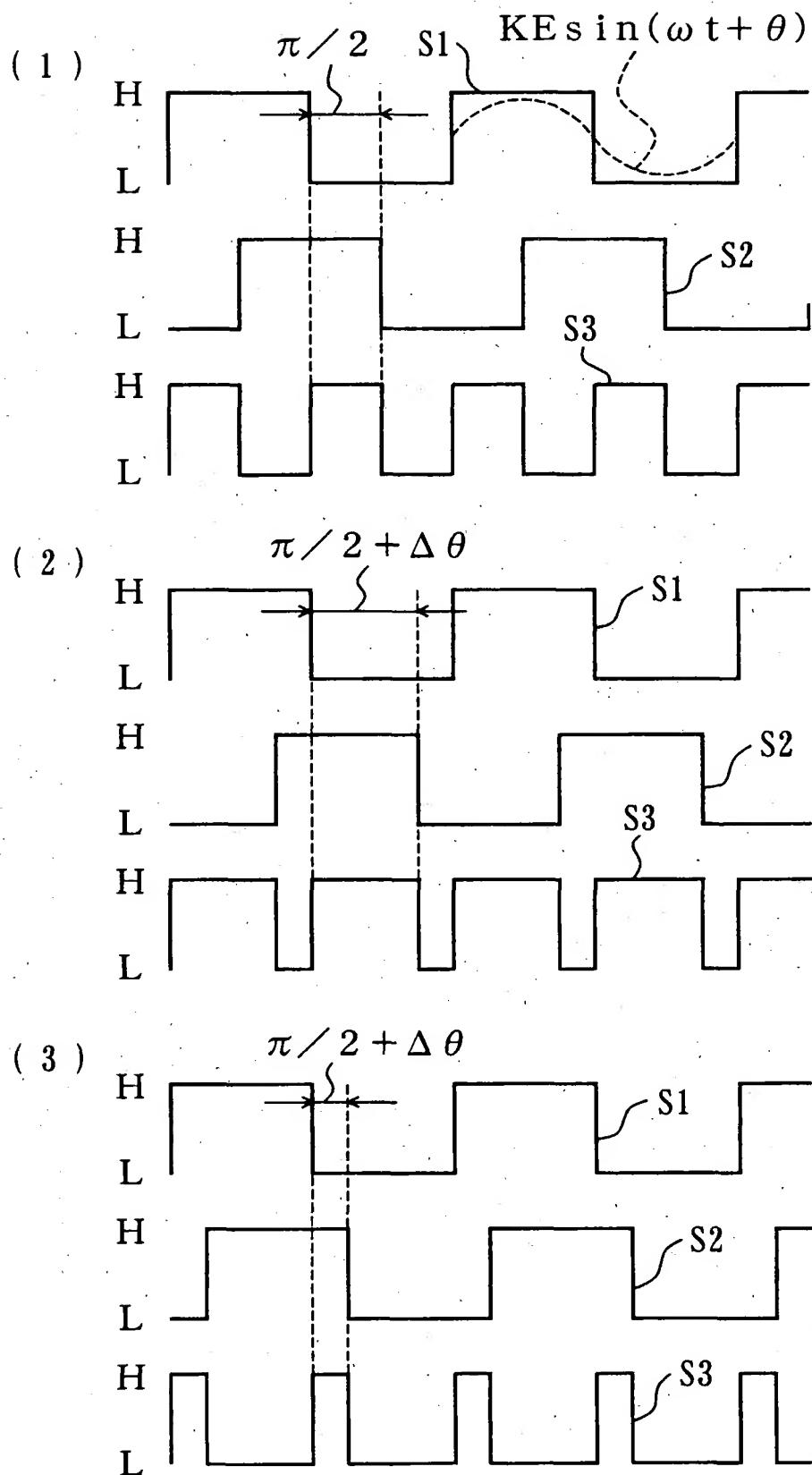
【図3】



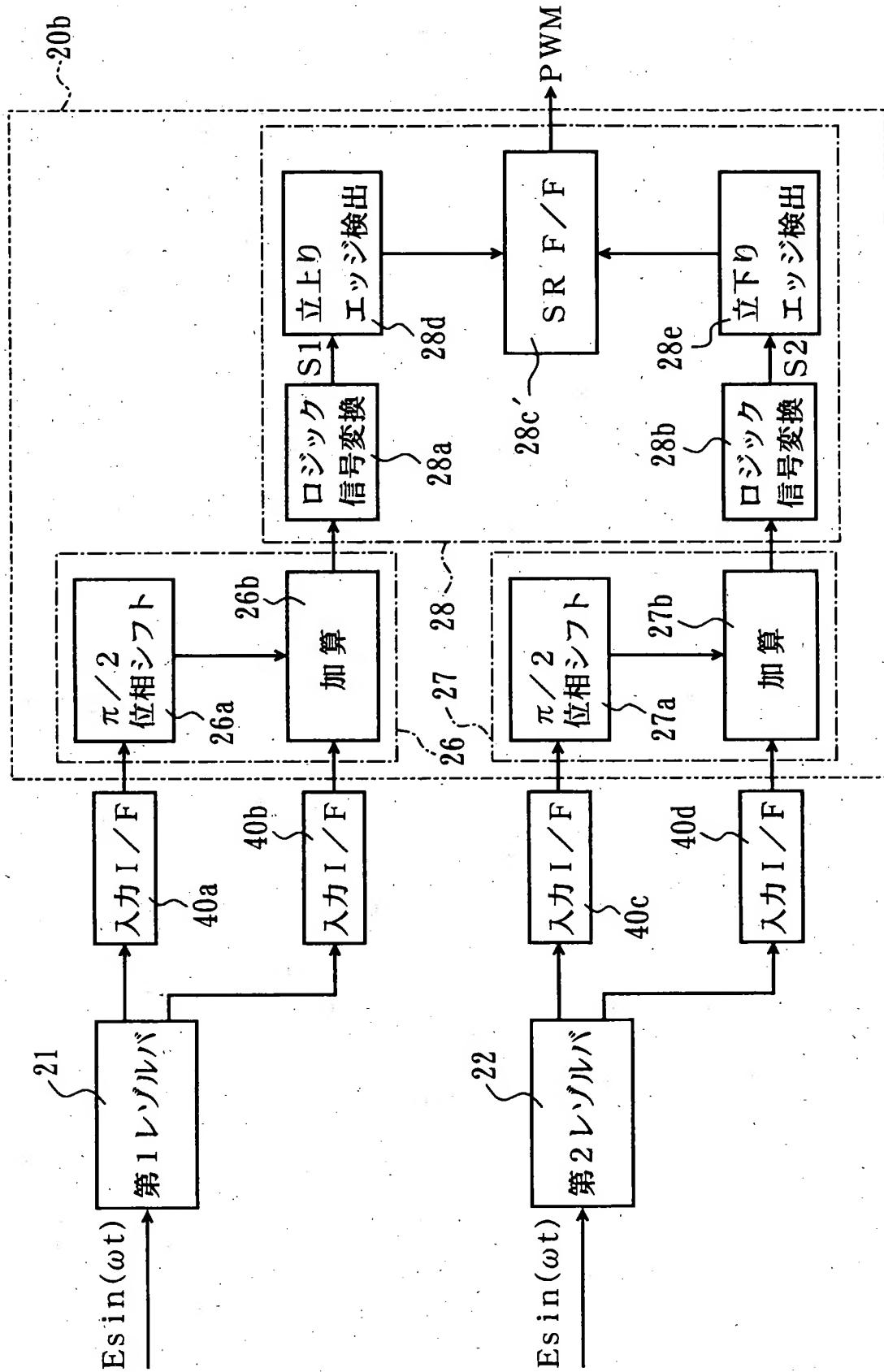
【図4】



【図5】

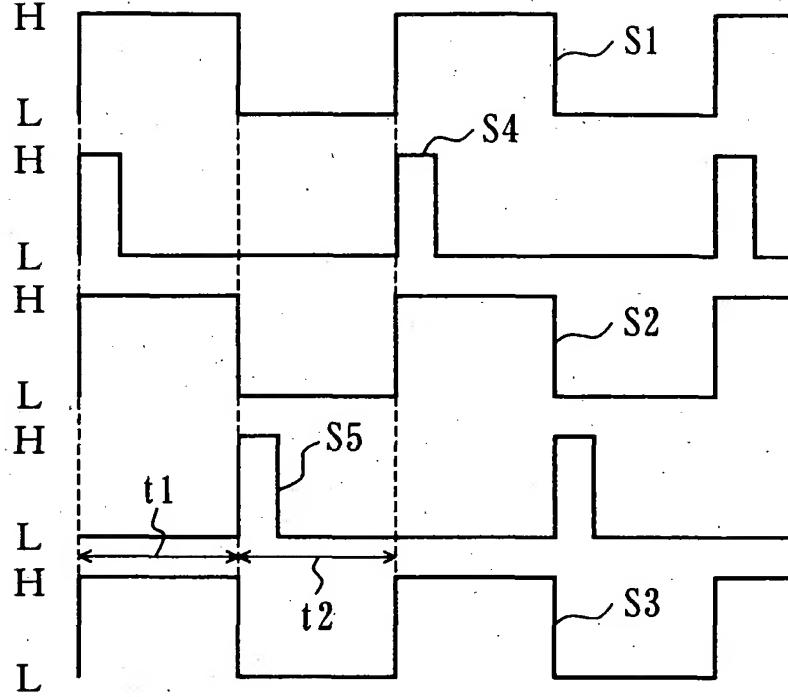


【図6】

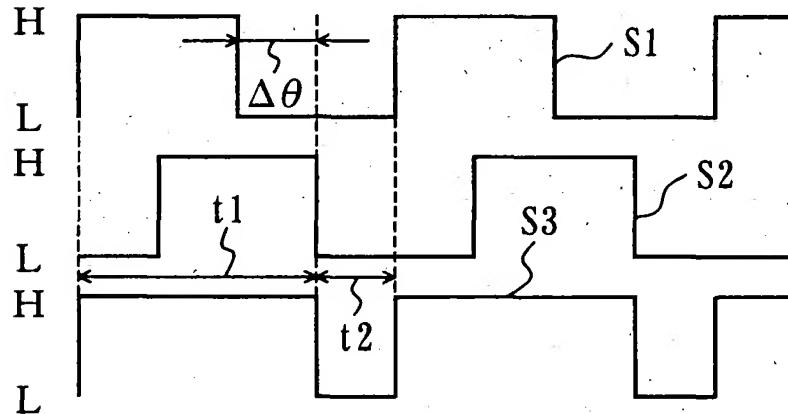


【図7】

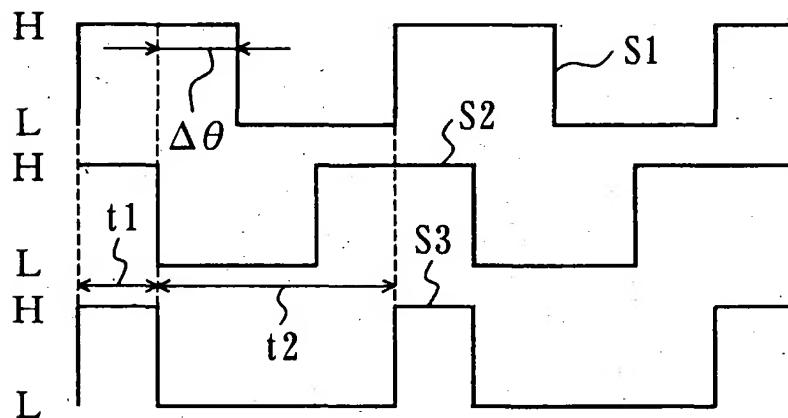
(1) H



(2) H



(3) H



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 異常監視のための無駄な専用回路をなくすことで小型化でき、演算負荷を大きくすることなく分解能を向上できる高精度の異常監視機能付トルクセンサを提供する。

【解決手段】 出力信号処理部は、彈性的に相対回転可能な第1、第2シャフトそれぞれの回転角変化に対応して位相が変化する第1、第2交番信号間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する。その出力信号処理部に接続される演算装置20aは、第1、第2検出器21、22それぞれから出力される第1、第2シャフトの回転角変化に対応して振幅が変化するアナログ信号から、両シャフト間の回転角差に対応する参照用トルク値を求め、参照用トルク値と位相差対応信号に対応する検出トルク値との偏差を求め、その偏差の大きさが設定値以上である時は異常信号を出力する。

【選択図】 図2

出願人履歴情報

識別番号 [000001247]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
氏 名 光洋精工株式会社